

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-70331

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 昭和60年(1985)4月22日

G 01 M 3/04  
G 21 C 17/02

6740-2G  
E-7156-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑤ 発明の名称 冷却材漏洩検出装置

⑪ 特 願 昭58-178031

⑫ 出 願 昭58(1983)9月28日

⑦ 発 明 者 渡 辺 孝 雄 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地 株式会社日立製作所内

⑧ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑨ 代 理 人 弁理士 高橋 明夫 外3名

明 細 書

発明の名称 冷却材漏洩検出装置

特許請求の範囲

1. 冷却材漏洩によつて影響される周囲温度、湿度、圧力等の雰囲気の変化および収束腐液量の変化を入力信号として取込み、入力処理を行なう信号処理部、各信号の大きさを漏洩検出の確からしさに変換する尤度関数演算部、対象領域をいくつかに区分した漏洩箇所と尤度関数変換後の信号群間の影響度を表わす感度係数マトリックスを用いて、漏洩の検出および漏洩箇所推定値を算出する総合評価部、漏洩の検出および漏洩箇所推定結果をCRT等の表示部に表示するための表示制御部から構成され、冷却材の漏洩が発生した場合に、複数の信号を用いて漏洩を早期に検出するとともに漏洩箇所の推定結果を出力することを特徴とする冷却材漏洩検出装置。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、プラントの冷却材漏洩検出、特に原

子力プラントに好適な冷却材漏洩検出装置に関する。

〔発明の背景〕

従来のプラントにおいては、各種の冷却材漏洩検出器が設置されており、あらかじめ設定された値を越えると警報等によつて運転員に報知するようになっている。しかしながら、冷却材の漏洩が発生した場合には出来るだけ早期に検知することが望ましく、本発明は複数の検出器からの信号を総合的に評価することにより、漏洩の早期検出と漏洩箇所の推定を行なうことを目的としている。

冷却材の漏洩は、発生箇所があらかじめ予測できないため、漏洩を直接測定しようとする、対象範囲に膨大な数の検出器を列べることにより実用的ではない。そこで、周囲温度、湿度、圧力等の雰囲気の変化または、腐液量の変化など間接的な諸量より冷却材漏洩を検知する方法がとられる。これらの諸量は、漏洩量がある程度大きくなれば顕著に変化し、あらかじめ設定された値を越えて検出可能であるが、さらに微少漏洩の段階で早期

に検出するためには、定常変動との識別などの問題を解決しなければならない。

#### 〔発明の目的〕

本発明の目的は、冷却材漏洩に関連する信号を各々尤度関数演算によつて定常変動との識別度を向上させるとともに、各信号と漏洩箇所との感度係数を用いて、漏洩箇所を推定する冷却材漏洩早期検出装置を提供することにある。

#### 〔発明の概要〕

本発明は、冷却材漏洩によつて影響される周囲温度、湿度、圧力等の雰囲気の変化および収束廃液量の変化を入力信号として収込み、入力処理を行なう信号処理部、各信号の大きさを漏洩検出の確からしさに変換する尤度関数演算部、対象領域をいくつかに区分した漏洩箇所と尤度関数変換後の信号群間の影響度を表わす感度係数マトリックスを用いて、漏洩の検出および漏洩箇所推定値を算出する総合評価部、漏洩の検出および漏洩箇所推定結果をCRT等の表示部に表示するための表示制御部から構成され、冷却材の漏洩が発生した

場合に、複数の信号を用いて漏洩を早期に検出するとともに漏洩箇所の推定結果を出力することを特徴とするものである。

#### 〔発明の実施例〕

以下、本発明の実施例を詳細に説明する。

第1図は本実施例の構成を示す。プラント1に適用した冷却材漏洩検出装置は、信号処理部2、尤度関数演算部3、総合評価部4、図形変換部5、表示制御部6および表示部7より構成される。信号処理部2、尤度関数演算部3は、プラント1からの各入力信号毎に設置される。

図を用いて本実施例の動作を説明する。プラント1からの信号は信号処理部2でフィルタリング、上下限チェックなどの処理が行なわれる。尤度関数演算部3では各信号の大きさと漏洩検出の尤度（確からしさ）を表わす尤度関数を用いて信号変換する。変換後の信号は、総合評価部4と図形変換部5に入る。総合評価部4では、各測定信号と漏洩箇所との感度係数に基づいて、冷却材漏洩の検出と漏洩箇所の推定を行なう。

一方、図形変換部6は尤度関数変換後の各信号を用い相互関係が直観的に把握できる表示図形に変換する。表示制御部7は、総合評価部と図形変換部からの出力を表示部8に表示するための制御を行なう。

以下、原子力プラント格納容器内の冷却材漏洩検出を例に詳細に説明する。

第2図は原子力プラントの格納容器の一例を示す。

原子炉格納容器11は、原子炉圧力容器12をはじめ図示しない再循環系、主蒸気系、給水系などの一次冷却材配管を格納している。格納容器は、ドライウエル13とサブプレッションチェンバ14より成る。ドライウエル冷却器15は常時運転され、ドライウエル内雰囲気温度の上昇を防止する。ここではドライウエル内をいくつかの領域に分け、冷却材漏洩の検出および漏洩箇所（領域）の推定を行なう。第2図にはドライウエルの高さ方向に3領域に分けた例を示す。

格納容器内の冷却材漏洩検出に関連する測定量

として下記のようなものがある。

- (1) 格納容器温度 領域①～③
- (2) ドライウエル冷却器凝縮水流量
- (3) ドライウエル冷却器空気出入口温度差
- (4) ドライウエル冷却器冷却水出入口温度差
- (5) 高電導度水廃液排水量
- (6) 低電導度水廃液排水量
- (7) 格納容器圧力

これらの測定量は、冷却材漏洩量と大きな相関をもつが、他の要因によつても影響を受けるため定常変動を有する。したがって、冷却材漏洩を早期に検出するためには、定常変動との識別とともに複数信号を用いた総合的な判定を行なう必要がある。

上記測定量は、第1図にて説明したように、信号処理部2でフィルタリング、上下限チェック等の処理を行なつた後、尤度関数演算部3に送られる。尤度関数は、測定信号の大きさと漏洩検出の尤度（確からしさ）の関係を表わした関数で、その一例を第3図に示す。測定信号には前述のよう

に定常変動が含まれるため、信号が小さい範囲では、漏洩検出の尤度は小さい。しかし、信号の大きさが定常変動幅を越えると急速に尤度は大きくなり、S字状カーブになつてゐる。この尤度関数は、各測定信号毎に適切な関数形を選ぶことができる。

総合評価部4では、各測定量と冷却材漏洩箇所との感度係数マトリクスを用いて、漏洩の検出および漏洩箇所の推定を行なう。

第1表に感度係数マトリクスの例を示す。

第1表

計測信号 漏洩箇所	格納容器温度			ドライウエル冷却器			廃液排水量		格納容器力
	領域1	領域2	領域3	凝縮水流量	空気出入口温度差	冷却水出入口温度差	高度電導水	低度電導水	
格納容器蒸気漏洩	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$
再循環ポンプシール漏洩	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$					
	0.7	0.3	0.3	0.7	0.5	0.3	0.1	0.1	0.5
	0.4	0.7	0.3	0.7	0.5	0.3	0.1	0.1	0.5
	0.3	0.4	0.7	0.7	0.5	0.3	0.1	0.1	0.5
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.8	0.1

横方向に計測信号を、縦方向に漏洩箇所を表わし数値は各計測信号と漏洩箇所との感度係数を示す。格納容器のドライウエルは高さ方向に3領域に分割し、領域毎に温度計測を行なうとともに漏洩箇所の推定を行なう。

第1表で例えば格納容器領域1の温度は、領域1の蒸気漏洩に対しては感度係数0.7であり、領域2の漏洩に対しては感度係数0.4、領域3に対しては0.3であることを示す。すなわち、漏洩箇所から離れた温度計測点ほど感度が小さくなつてゐる。また、再循環ポンプシール漏洩に対しては低電導度廃液排水量が最も感度が高く、その他の計測量に対しては感度が低い。ドライウエル冷却器の凝縮水流量、空気出入口温度差、冷却水出入口温度差などの計測量はドライウエル内の温度、湿度などの雰囲気に影響を与える蒸気漏洩に対して感度が高い。これらの感度係数は、数値計算による解析、モデル実験および運転経験などによつて定められるが、逐次修正していくことも可能である。

総合評価部4は、尤度関数補正後の信号 $x$ を用いて、漏洩検出および漏洩箇所の推定を行なうため、次式によりベクトル $y$ を求める。

$$y = Ax$$

ここで、

$$x = (x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n)^T$$

$$y = (y_1 \ y_2 \ \dots \ y_m)^T$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

$A$ は感度係数マトリクスで、 $a_{ij}$ は $x_i$ から $y_j$ への感度係数を表わす。

求められたベクトル $y$ より、

$$|y| = \left( \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)^{1/2}$$

を求め、あらかじめ定められた値 $b$ と比較し、

$$|y| \geq b$$

であれば、漏洩があると判定する。

また、 $y$ の成分 $y_1 \ y_2 \ \dots \ y_m$ の大きい順に、

漏洩箇所として可能性が大きいと推定する。

漏洩検出と漏洩箇所推定の具体例として、2つの場合を次に示す。

(1) 蒸気漏洩の場合

尤度関数補正後の信号  $x$  が

$$x = (0.2, 0.8, 0.1, 0.6, 0.5, 0.4, 0.1, 0.1, 0.0)$$

であるとする。感度係数マトリックスは、第4図に示すように

$$A = \begin{bmatrix} 0.7 & 0.3 & 0.3 & 0.7 & 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 & 0.5 \\ 0.4 & 0.7 & 0.3 & 0.7 & 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 & 0.5 \\ 0.3 & 0.4 & 0.7 & 0.7 & 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 & 0.5 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.8 & 0.1 \end{bmatrix}$$

であるから

$$y = (1.22, 1.48, 1.26, 0.35)$$

$$|y| = 2.32$$

となり、蒸気漏洩の検出とともに、漏洩箇所は格納容器内の領域2であることが推定できる。

(2) ポンプシール漏洩の場合

尤度関数補正後の信号  $x$  が

$$x = (0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.2, 0.8, 0.0)$$

図形のパターンが大きく変化するため、これをCRTなどに表示すれば、運転員の迅速かつ確実な判断を促すことができる。

さらに、総合評価部4からの出力である  $y$  を同様に多角形表示した例を第5図に示す。

(1)は蒸気漏洩の場合で、格納容器の領域2が最も大きく、ついで領域3、1が大きいことが直観的に把握できる。

これに対して、(2)はポンプシール漏洩の場合であり、 $y_4$  が最も大きく  $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$  は小さいことが知られる。

このように、 $y$  を多角形表示することにより、漏洩箇所の直観的判定に有効であることがわかる。

上記図形のCRT表示は、 $x$  および  $y$  の成分の大きい順に色別すること等により、さらに効果を増すことができる。

表示制御部6は、総合評価部4から  $|y| \geq b$  の時漏洩検出信号を受け表示部7に漏洩発生警報を表示する。また、図形変換部からの信号によつて、表示部7に多次元表示等を行なう。

であるとする。

感度係数マトリックス  $A$  を用いて、 $y$  を求めれば、

$$y = (0.38, 0.39, 0.39, 0.74)$$

$$|y| = 1.0$$

となり、再循環ポンプシールの漏洩を推定できる。

次に、第1図の図形変換部5は、尤度関数補正後の信号  $x$  をパターンとして把握し易い図形に変換する。第4図に多角形表示の例を示す。 $x$  は多次元量であるため、このような多角形表示によつて  $x$  の相対的な大小関係がパターンとして直観的に把握できる。

例えば第4図(1)は蒸気漏洩の場合の表示を示したものであるが、 $x_2$  が最大で次に  $x_4$ 、 $x_5$ 、 $x_6$  が大きく、格納容器温度、ドライウエル冷却器関係測定量が多いことが知られる。

これに対して、第4図(2)はポンプシール漏洩の場合を示したもので、低電導度水経液排水量が大きく、その他の測定量は小さいことが知られる。

このように漏洩箇所によつて、 $x$  の多角形表示

以上、本発明の実施例について述べたが、次のような場合も本発明に含まれるのは、当然である。

- (1) 信号処理部は、フィルタリングおよび上下限チェックなどの処理を行なうとしたが、雑音解析、統計処理などの信号処理および解析を行つてもよい。
  - (2) 尤度関数として第3図に示すようなS字状カーブを説明したが、これにとらわれるものではなく、任意の関数を使用できる。また、この関数をプラントの状態等に依存させて変更することも可能である。
  - (3) 総合評価部の感度係数マトリックスの各要素は定数の例を示したが、プラント状態等に依存して変更することも可能である。
  - (4) 尤度関数補正後の信号  $x$  を多次元表示する例を説明したが、補正前の測定信号をそのまま表示してもよい。
  - (5) 原子炉格納容器内の冷却材漏洩について説明したが、格納容器外についても適用可能である。
- [ 発明の効果 ]

本発明の効果は次のようになる。

- (1) 冷却材漏洩によつてもたらされる周囲温度、湿度、圧力等の雰囲気の変化または廃液排水量の変化等の複数の測定量を総合的に評価することにより、漏洩の早期かつ信頼性の高い検出が可能である。
- (2) 複数の測定量と感度係数マトリックスを用いて、漏洩箇所の推定を定量的に行なうので、運転員の適確な判断を補佐することができる。
- (3) 複数の測定量および漏洩箇所を多角形表示などの多次元表示しており、運転員がパターンとして直観的に状態を把握できる。

図面の簡単な説明

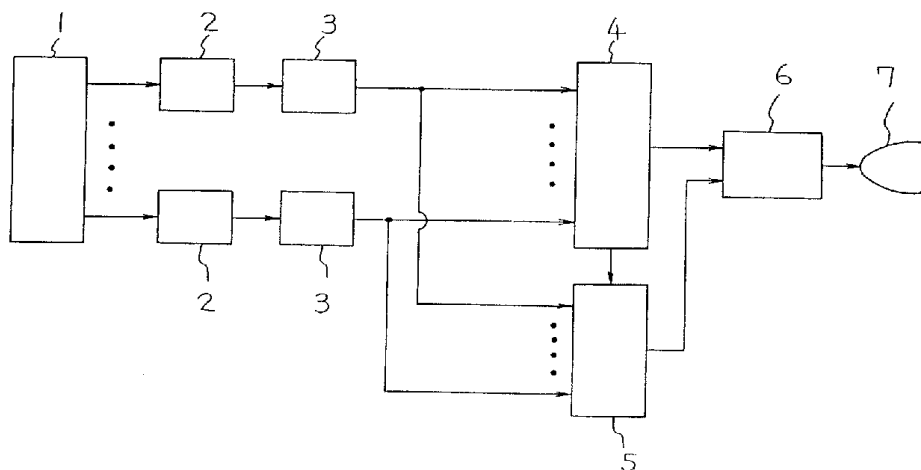
第1図は、本発明の一実施例を示す構成図、第2図は原子炉格納容器の断面図、第3図は尤度関数の一例を示す説明図、第4図は複数測定量の多角形表示図、第5図は漏洩箇所推定結果の多角形表示図である。

1…プラント、2…信号処理部、3…尤度関数演算部、4…総合評価部、5…図形変換部、6…表示部、7…原子炉格納容器、12…原子炉圧力容器、13…ドライウエル、14…サブプレッションチェンバ、15…ドライウエル冷却器。

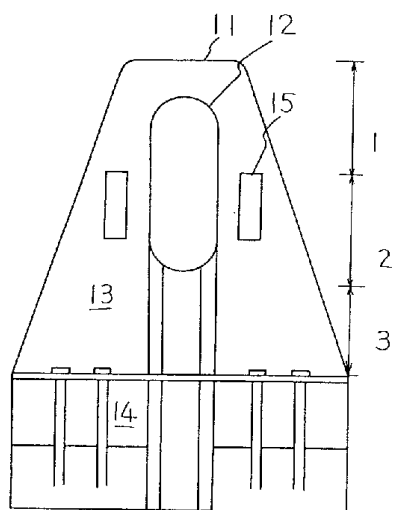
代理人 弁理士 高橋明夫



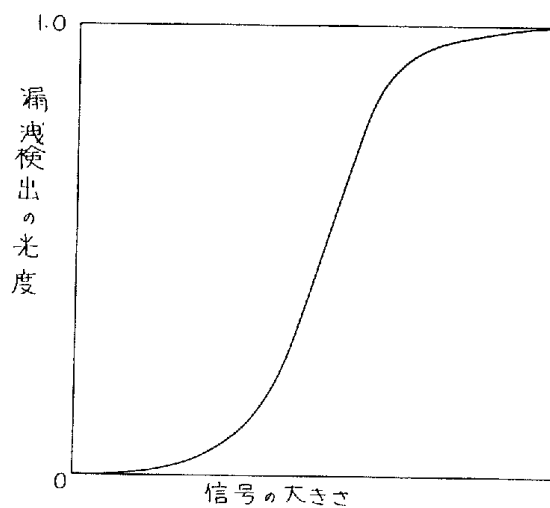
第1図



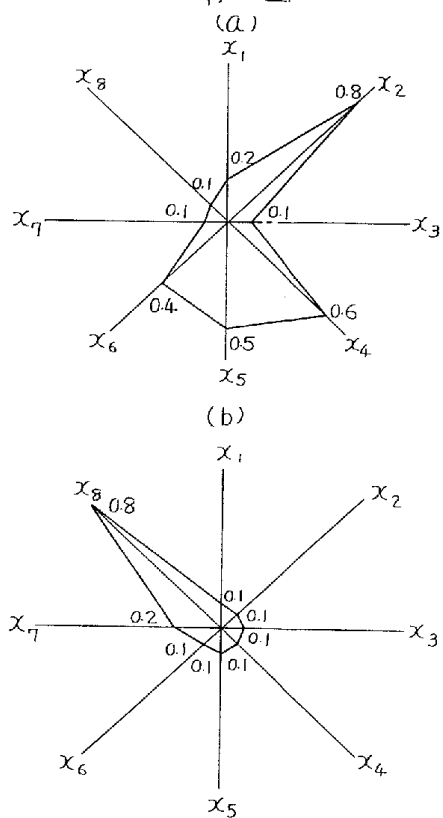
第2図



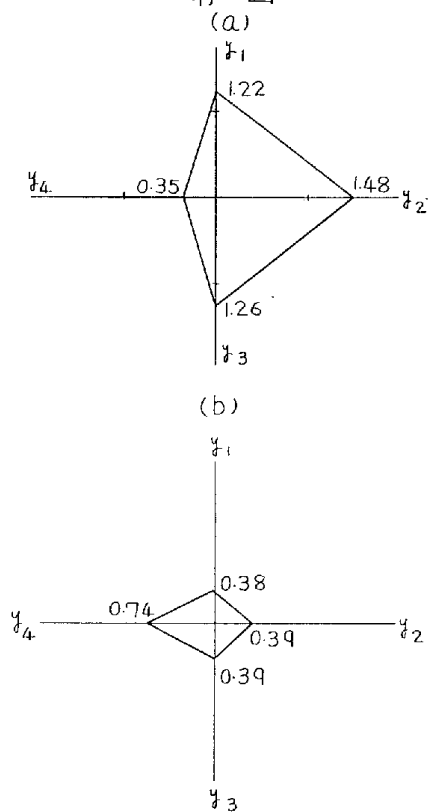
第3図



第4図



第5図



**PAT-NO:** JP360070331A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 60070331 A  
**TITLE:** APPARATUS FOR DETECTING  
LEAKING COOLANT  
**PUBN-DATE:** April 22, 1985

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
WATANABE, TAKAO	

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
HITACHI LTD	N/A

**APPL-NO:** JP58178031  
**APPL-DATE:** September 28, 1983

**INT-CL (IPC):** G01M003/04 , G21C017/02

**US-CL-CURRENT:** 73/52

**ABSTRACT:**

PURPOSE: To make it possible to perform early, highly reliable detection of leaking, by receiving changes in atmosphere such as ambient temperature, humidity, and pressure, which are affected by the leakage of coolant and the change in amount of collected waste liquid as input signals.

CONSTITUTION: An apparatus for detecting

leaking coolant is constituted of a signal processing part 2, a likelihood-function operating part 3, a synthetic evaluating part 4, a graphic converter part 5, a display control part 6, and a display part 7. The signal processing part 2 and the likelihood-function operating part 3 are provided for every input signal from a plant 1. With respect to the measured quantities associated with the detection of the leaking coolant in a storing container, processings such as filtering and checking for upper and lower limits are performed by the signal processing parts 2. Thereafter, the signals are sent to the likelihood-function operating part 3. Thus the leaking can be detected highly reliably at the early stage.

COPYRIGHT: (C)1985,JPO&Japio